

周波数可変方式による小型・高周波プラズマ源の開発と応用

著者	仲野 雄大
雑誌名	東北大学電通談話会記録
巻	86
号	1
ページ	88-89
発行年	2017-08
URL	http://hdl.handle.net/10097/00121375

修士学位論文要約（平成29年 3月）

周波数可変方式による小型・高周波 プラズマ源の開発と応用

仲野 雄大

指導教員：安藤 晃 研究指導教員：高橋 和貴

Development and Application of a Compact Radiofrequency Plasma Source Using a Frequency-Tuned Impedance Matching System

Yudai NAKANO

Supervisor: Akira ANDO Research Advisor: Kazunori TAKAHASHI

Compact and frequency-variable impedance tuned inductively-coupled plasma source for a semiconductor manufacturing application has been developed. The plasma density per power reaches $10^{16} \text{ m}^{-3} \text{ W}^{-1}$, which is comparable to the conventional large-sized plasma source. With this plasma source, the etching rate and the sputtering rate have been measured. The obtained etching rate of a Si wafer is $8 \mu\text{m}/\text{min}$ at a maximum. The sputtering rate of a Si wafer with Cu as a target is $40 \text{ nm}/\text{min}$ at a maximum.

1. はじめに

1~100 MHz の範囲の高周波放電によって生成されるプラズマは半導体加工処理の分野において一般的な技術となっている。これまでのプラズマによる半導体加工技術においては少品種大量生産を念頭においていたが、近年は多種多様なニーズに答えるために多品種少量生産を念頭においた小型ファブシステムの開発が進められている¹⁾。このようなシステムに対応するために、本研究では半導体加工用の小型・高周波プラズマ源の開発を行った。

2. 実験装置

図1に本研究で用いたエッチング装置を示す。プラズマ生成部は内径 46 mm、長さ 120mm のガラス管で構成されており、このガラス管の周囲にプラズマ生成用のアンテナが巻かれてある。また、ガラス管の周囲にはプラズマ生成と輸送に用いる磁場コイルを設けている。動作ガスは Ar ガスと SF_6 ガスを用いている。図2にはスパッタリング装置を示す。プラズマ生成部のガラス管はエッチング装置と同じものを用い、バックプレートの位置を変えることで、生成部の長さを調節している。装置下流部には Cu ターゲットと、収束磁場を形成するための永久磁石が設置されている²⁾。また、Cu ターゲットの直下に Si ウエハを設置し、動作ガスには Ar を用いて実験を行った。

本研究ではプラズマ源を小型化するために、マッチングボックスが不要なインピーダンス整合システムを構築した。従来のシステムでは、コンデンサを変えることでインピーダンス整合をとっていた

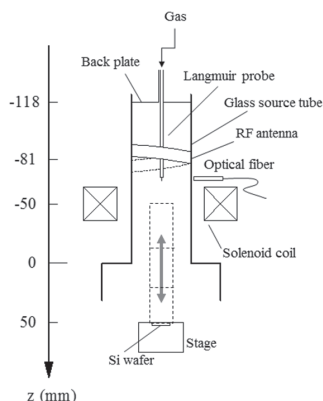


図1 エッチング装置

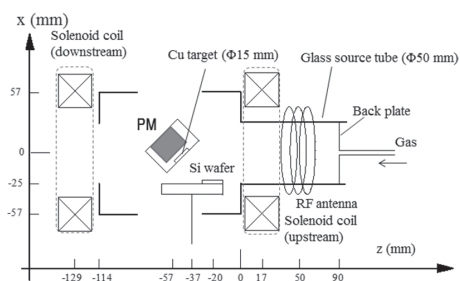


図2 スパッタリング装置図

が、本研究ではプラズマの駆動周波数を可変にすることによりインピーダンス整合を行った。その結果、従来のシステムに比べて 30%の小型化に成功した。開発した電源を用いてプラズマ密度の周波数依存性を計測した結果を図3に示す。図3より、定在波

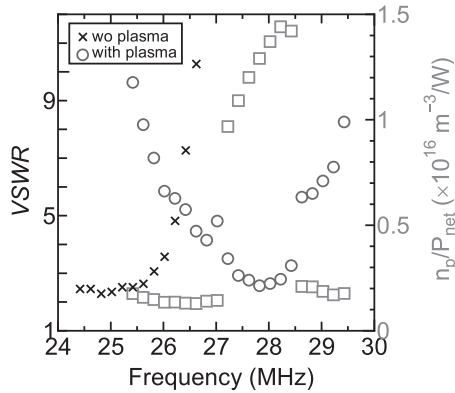


図3 定在波比，電力あたりのプラズマ密度の周波数依存性.

比が小さく電力消費を抑えたうえで，プラズマ密度が1 Wあたり 10^{16} m^{-3} に達していることがわかる．先行研究において同様のシステムを用いたプラズマ源が報告されているが³⁾，本研究では周波数帯域を拡張することにより，その性能をより向上させることに成功した．

3 エッチングプロセス

本研究で開発した電源と図1に示した装置を用いて，様々な条件下でエッチングレートの計測を行った．図4にSiウエハ位置を変えた際のエッチングレートを示す．この時，プラズマの生成に要した電力は $78 \pm 6 \text{ W}$ ，電源周波数は 27.7 MHz ，磁場コイルに流した電流は 0.8 A ，Arガスの流量が 30 sccm ， SF_6 ガスの流量が 3.7 sccm である．Siウエハの位置をプラズマ生成部に近づけるに従いエッチングレートが上昇し，最大で $8 \mu\text{m}/\text{min}$ のレートを得た．この値は 100 W 以下の低電力で得られたレートとしては，従来の大規模な装置で得られたものと遜色ない値である．

4 スパッタリングプロセス

次にスパッタリングレートの計測を行った．スパッタリングレートの流量依存性を図5に示す．この時，プラズマの生成に要した電力は $61 \pm 11 \text{ W}$ ，電源周波数は 32.5 MHz ，磁場コイルは上流側のみに用いており，流した電流は 3 A である．またCuのターゲットバイアスは -500 V である．図5より，流量を下げるに従いスパッタリングレートが上昇し，最大で $40 \text{ nm}/\text{min}$ という結果を得た．これは，流量を下げるによりプラズマと中性粒子の衝突が減り，より下流までプラズマが輸送されたためであると考えられる．

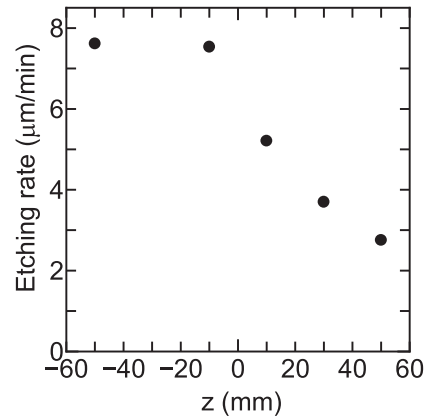


図4 エッチングレートのウエハ位置依存性.

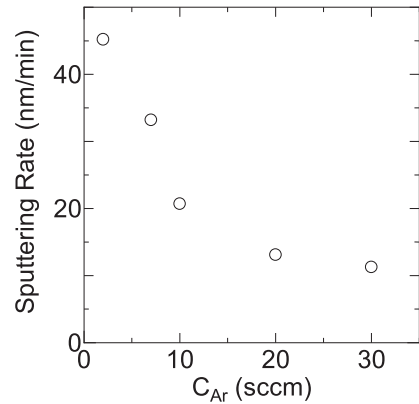


図5 スパッタレートの流量依存性

4. まとめ

本研究では半導体加工用の小型・高周波プラズマ源の開発を行った．往來のマッチングボックスに代わる周波数可変型インピーダンス整合回路を用いることにより往來の30%程度に小型化することに成功した．また，本装置を用いてエッチングとスパッタリングの実験を行い，最大エッチングレート $8 \mu\text{m}/\text{min}$ ，最大スパッタリングレート $40 \text{ nm}/\text{min}$ を得た．

文献

- 1) S. Khumpuang, et. al., *IEEEJ Trans. Micromach.*, **133**, 272 (2013).
- 2) K. Takahashi, et. al., *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **47**, 425201 (2014).
- 3) C. Charles, et. al., *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **46**, 365203 (2013).